

PCT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau



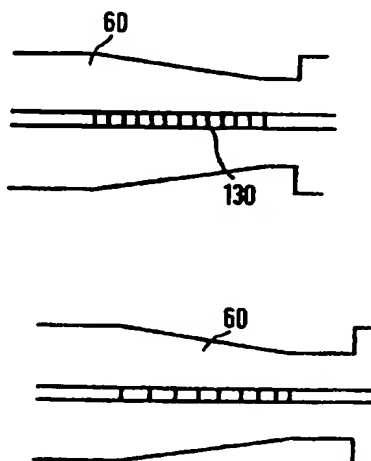
INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

<b>(51) International Patent Classification 6 :</b> <b>G02B 6/16, 6/34</b>	<b>A2</b>	<b>(11) International Publication Number:</b> <b>WO 96/26458</b> <b>(43) International Publication Date:</b> 29 August 1996 (29.08.96)
<b>(21) International Application Number:</b> PCT/GB96/00401 <b>(22) International Filing Date:</b> 22 February 1996 (22.02.96) <b>(30) Priority Data:</b> 9503555.6 22 February 1995 (22.02.95) GB <b>(71) Applicant (for all designated States except US):</b> PIRELLI CAVI S.P.A. [IT/IT]; Viale Sarca, 222, I-20126 Milano (IT). <b>(72) Inventors; and</b> <b>(75) Inventors/Applicants (for US only):</b> LAMING, Richard, Ian [GB/GB]; 4 Pegasus Close, Hamble, Southampton SO3 5QZ (GB). REEKIE, Laurence [GB/GB]; Pinewood, Norris Hill, Bitterne Park, Southampton SO2 4JH (GB). DONG, Liang [CN/GB]; 20 Copperfield Road, Bassett, Southampton SO16 3NX (GB). CRUZ, Jose Luis [ES/ES]; Calle San Lorenzo No. 26, Massalfassar, E-46560 Valencia (ES). <b>(74) Agent:</b> TURNER, James, Arthur, D. Young & Co., 21 New Fetter Lane, London EC4A 1DA (GB).		<b>(81) Designated States:</b> AU, BR, CA, JP, NZ, US, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Published</b> <i>Without international search report and to be republished upon receipt of that report.</i>

**(54) Title:** CHIRPED OPTICAL FIBRE GRATING

Method A

during writing



**(57) Abstract**

A method of manufacturing a chirped optical fibre grating comprises the steps of: etching the cladding of the optical fibre to vary the cross-sectional area of a portion of an optical fibre; and impressing a grating of uniform pitch on the portion of the fibre; in which the portion of the fibre is subjected to different respective longitudinal forces during the impressing step and during subsequent use of the grating.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平11-504123

(43) 公表日 平成11年(1999) 4月6日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/10  
5/18  
6/16

G 0 2 B 6/10  
5/18  
6/16

C

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願平8-525498  
(86) (22) 出願日 平成8年(1996) 2月22日  
(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997) 8月22日  
(86) 国際出願番号 PCT/GB96/00401  
(87) 国際公開番号 WO96/26458  
(87) 国際公開日 平成8年(1996) 8月29日  
(31) 優先権主張番号 9503555. 6  
(32) 優先日 1995年2月22日  
(33) 優先権主張国 イギリス (GB)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), AU, BR, CA, JP, N Z, US

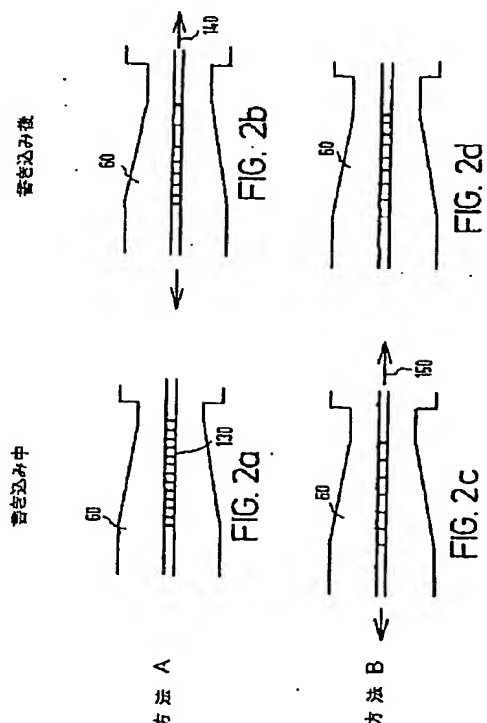
(71) 出願人 ビレリー・カピ・エ・システミ・ソチエ  
タ・ベル・アツィオーニ  
イタリア国イー20126 ミラノ, ヴィアー  
レ・サルカ 222  
(72) 発明者 ラミング, リチャード・イアン  
イギリス国サザンプトン エスオー3・5  
キューズィー, ハンブル, ペガサス・クロ  
ース 4  
(72) 発明者 リーキー, ローレンス  
イギリス国サザンプトン エスオー2・4  
ジェイエイチ, ビターン・パーク, ノリ  
ス・ヒル, バインウッド  
(74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 チャープ型光ファイバ格子

(57) 【要約】

光ファイバの一部の断面積を変化させるために該光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、上記ファイバの上記部分上に均一なピッチの格子をインプレスするステップとを含み、上記インプレスステップ及びその後の上記格子の使用上、上記ファイバの上記部分には、異なるそれぞれの長手方向への力が加わるようにした、チャープ型の光ファイバ格子の製造方法である。



## 【特許請求の範囲】

1. チャープ型の光ファイバ格子の製造方法にして、  
光ファイバの一部の断面積を変化させるために該光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、  
前記ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスするステップとを含み、  
前記インプレスステップ及びその後の前記格子の使用、前記ファイバの前記部分には、異なるそれぞれの長手方向への力が加わるようにした、製造方法。
2. 請求項 1 に記載の製造方法にして、  
前記インプレスステップ及びその後の前記格子の使用、前記ファイバの前記部分には、より大きい長手方向への力が加わるようにした、製造方法。
3. 請求項 2 に記載の製造方法にして、  
その後の前記格子の使用、前記ファイバの前記部分には、長手方向への力が実質的に加わらないようにした、製造方法。
4. 請求項 2 又は 3 に記載の製造方法にして、  
少なくとも前記インプレスステップ中、前記ファイバの前記部分には、長手方向への延伸力が加わるようにした、製造方法。
5. 請求項 1 に記載の製造方法にして、  
前記ファイバの前記部分には、前記インプレスステップ中の方が、その後の前記格子の使用よりより小さい長手方向への力が加わるようにした、製造方法。
6. 請求項 5 に記載の製造方法にして、  
前記インプレスステップ中、前記ファイバの前記部分には、長手方向への力が実質的に加わらないようにした、製造方法。
7. 請求項 5 又は 6 に記載の製造方法にして、  
少なくともその後の前記格子の使用、前記ファイバの前記部分には、長手方向への延伸力が加わるようにした、製造方法。
8. 請求項 1 乃至 7 の何れかに記載の製造方法にして、  
前記光ファイバの前記エッチング部分が、前記ファイバに沿った距離に対する

断面積の逆数として略線形に変化するようにした、製造方法。

9. 請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の製造方法にして、

前記エッチングステップが、

2 つの非エッチング液体層の間に吊り下げられたクラッド部分のエッチャント層を有するエッチング浴内に前記ファイバを吊り下げるステップと、

前記クラッド部分のエッチャント層が、時間の経過に伴い前記ファイバに関して長手方向に動くように、前記ファイバと前記エッチング浴とを相対的に動かすステップとを含む、製造方法。

10. 請求項 9 に記載の製造方法にして、

前記吊り下げステップの前に、前記ファイバの少なくとも前記部分から被覆を除去するステップを含む、製造方法。

11. 請求項 9 又は 10 に記載の製造方法にして、

前記クラッド部分のエッチャントがフッ化水素酸の水溶液から成る、製造方法

12. 請求項 11 に記載の製造方法にして、

前記非エッチング液体層の少なくとも 1 つが、約 10 % のジクロロトルエンを有するデカヒドロナフタリンから成る、製造方法。

13. 請求項 11 又は 12 に記載の製造方法にして、

前記非エッチング液体層の少なくとも 1 つがトリクロロエチレンから成る、製造方法。

14. 請求項 9 乃至 13 の何れかに記載の製造方法にして、

前記クラッド部分のエッチャント層が約 3 mm 乃至約 10 mm の範囲の厚さである、製造方法。

15. 請求項 9 乃至 13 の何れかに記載の製造方法にして、

前記クラッド部分の前記エッチャント層の前記厚さが、前記ファイバの前記部分の前記長さを上廻る、製造方法。

16. 請求項 1 乃至 15 の何れかに記載の製造方法にして、

その後の前記格子の使用、前記格子の応答性を調節すべく前記部分に加わる前記長手方向への力を変化させるステップを含む、製造方法。

17. チャープ型の光ファイバ格子の製造方法にして、

光ファイバの一部の断面積を変化させるために該光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、

前記光ファイバの前記部分に零以上の長手方向への力を加えるステップと、

前記光ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスするステップと、

前記長手方向への力を緩めるステップとを含む、製造方法。

18. チャープ型の光ファイバ格子の製造方法にして、

光ファイバの一部の前記断面積を変化させるために該光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、

前記ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスするステップと、

前記光ファイバの前記部分に零以上の長手方向への力を加えるステップとを含む、製造方法。

19. 光ファイバの一部にテーバーを付ける方法にして、

2つの非エッチング液体層の間に吊り下げられたクラッド部分のエッチャント層を有するエッチング浴内に前記ファイバを吊り下げるステップと、

時間の経過に伴い、前記クラッド部分のエッチャント層が前記ファイバに沿って長手方向に動くように、前記ファイバと前記エッチング浴とを相対的に動かすステップとを含む、方法。

20. 光ファイバの一部の前記断面積を変化させるために前記光ファイバの前記クラッド部分をエッチングすることと、

前記ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることとを含み、

前記インプレスステップ及びその後の前記格子の使用で、前記ファイバの前記部分に異なるそれぞれの長手方向への力を加えることとにより製造された、チャープ型光ファイバ格子。

21. 光ファイバの一部の前記断面積を変化させるために前記光ファイバの前記クラッド部分をエッチングすることと、

前記光ファイバの前記部分に零以上の長手方向への力を加えることと、

前記光ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることと、

前記長手方向への力を緩めることとにより製造された、チャープ型光ファイバ格子。

2 2 . 光ファイバの一部の前記断面積を変化させるために前記光ファイバの前記クラッド部分をエッチングすることと、

前記光ファイバの前記部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることと、  
前記光ファイバの前記部分に零以上の長手方向への力を加えることとにより製造された、チャープ型光ファイバ格子。

2 3 . 光トランスミッターと、

光レシーバと、

前記光トランスミッター及び前記光レシーバとを連結する光ファイバの伝送媒体と、

該伝送媒体の拡散を補償し得るように前記光ファイバの伝送媒体に結合された、請求項 2 0 乃至 2 2 の何れかによるチャープ型光ファイバ格子とを備える、光通信装置。

2 4 . 光ファイバの伝送媒体と、

該伝送媒体の拡散を補償し得るように前記光ファイバの伝送媒体に結合された、請求項 2 0 乃至 2 2 の何れかによるチャープ型光ファイバ格子とを備える、光通信リンク。

2 5 . 前記 2 つの非エッチング液体層の間に吊り下げられた光ファイバのクラッド部分のエッチャント層から成る、光ファイバのエッチング浴。

## 〔 発 明 の 詳 細 な 説 明 〕

チャープ型光ファイバ格子

本発明は、チャープ型光ファイバ格子に関する。

光ファイバのブラッグ (Bragg) 格子は、光ファイバのクラッド部分 (光を封じ込める低屈折率領域)、又は光ファイバのコア (光を導く高屈折率領域)、或いはその双方にインプレスされた、周期的な屈折率の変調部分である。格子をインプリントするためには、適当なファイバは、通常、感光性コア、感光性クラッド部分、又はその双方を有する。その屈折率を (通常、これらの目的のため、恒久的に) 光線により変調できるガラスは感光性である。

二酸化ケイ素系の光ファイバの場合、特定の量のゲルマニウムを含めるだけでコアを感光性にすることができ、このことは、また、導波管を形成し得るようにコアの屈折率を増大させるという望ましい効果がある。この二酸化ケイ素系のクラッド部分は、通常、書き込みビームに対して透明であり、ファイバの側部からのコアへのアクセスを容易にする。

ファイバのコアのみが感光性であるこの技術の従来例において、一つのインプリント技術は、ファイバの側部を2つのコヒーレントな干渉性の光ビームに露呈させることを含む。この格子のピッチは、その格子の長さに沿って一定であり、その2つのビーム間の角度を変化させることで便宜に調節することができる。この場合の「書き込みビーム」は、約240nm (ナノメートル) の波長の光線とすることができる。感光性ファイバを使用することで、光パワーの大部分はコア内を伝送されるから、屈折率の変調と案内される光の伝送モードとの空間的重なり合いを大きくすることができる。

ファイバ格子を書き込むもう一つの従来から提案された方法は、フェーズマスクを使用する技術である。このフェーズマスクは、その上に多数の溝が規則的に平行に書き込まれた二酸化ケイ素の板であり、このフェーズマスクに光線を当てたとき、このフェーズマスクの後方のスペース内に規則的なパターンの像が複製される。ファイバの感光性領域内に、格子がインプリントされるように、感光性

ファイバをフェーズマスクの後方に配置することができる。

非チャープ型ファイバ格子の顕著な特徴は、その格子のピッチの特徴である、特定の共鳴波長（ブラッグ波長）の光のみを反射させる点である。これは、狭小帯域のデバイスとして、ファイバレーザ用の反射器（特に、単周波数のファイバレーザ用）、帯域遮断フィルタ、帯域透過フィルタ、又はファイバセンサのような多くの用途がある。

「チャープ」型格子は、その格子の長さに沿ってブラッグ波長が変化する格子である。チャープ型格子は、その長さに沿った異なる位置にて波長の異なる光を反射させる。この強力な拡散特徴を使用して、光ファイバリンクの拡散を補償し（以下の文献 1、2）、また、光パルスの形状を設定することができる。また、ファイバ及び半導体レーザにおいて、広帯域の反射器としてチャープ型格子を使用することもできる。

チャープ型格子を製造する 2 つの主な方法がある。即ち、( i ) 均一な格子を「後からチャープする」方法、( ii ) 格子の書き込み中、チャープを導入する方法である。

ブラッグ波長 ( $\lambda_B$ ) は、 $\lambda_B = 2 n_{eff} \Lambda$  で求められ、ここで、 $n_{eff}$  は伝送する光モードの有効屈折率であり、 $\Lambda$  は格子ピッチであり、このため、その長さに沿った有効モード率、又は格子ピッチの何れかを変化させることにより、格子にチャープすることができる。

書き込み中に、チャープを導入するためには、第二の露出を使用して、格子に沿って有効モードの屈折率を変化させる方法（以下の文献 1）、ファイバを曲げることにより、格子に沿って格子ピッチを変化させる方法（以下の文献 3）、ファイバコアにテーパを付けることにより格子に沿って有効モードの屈折率を変化させる方法（以下の文献 4）、チャープ型フェーズマスクを使用することにより格子に沿って格子のピッチを変化させる方法（以下の文献 5）、及び 2 つの干渉ビームを異なる程度に収束させることによりその格子に沿って格子ピッチを変化させる方法（以下の文献 6）のような幾つかの技術が実証されている。しかしながら、チャープ型フェーズマスクを使用する技術（以下の文献 5。自由度に欠ける技術）を別にして、制御可能なチャープを得るためには、通常、多くの困難さ



を伴う。

ある温度（以下の文献 7）、又は歪み勾配（以下の文献 8）は、均一な格子を後からチャープするために適用することができる。この温度、又は歪み勾配は、格子の長さに沿って有効モードの屈折率及び格子ピッチの双方を変化させる。ある温度勾配のとき（以下の文献 7）、十分な制御可能性が得られることが実証されているが、大きいチャープ（ $\Delta \lambda / \lambda = 8.86 \times 10^{-4} \Delta T$ 、ここで、 $\Delta T$ は、変化温度℃であり、このため、 $1.55 \mu m$ （マイクロメートル）の波長のとき、 $1 nm$ のチャープを得るためには、約  $70^\circ C$  の  $\Delta T$ が必要とされる）を形成するためには、高温度が必要とされ、線形のチャープ（即ち、反射した波長と格子に沿った位置との間の線形の関係）以外のチャープのプロファイルを得ることは極めて難しい。歪み勾配（以下の引例 2）を付与するため、片持ち状の配置により良好な歪み-チャープ型格子が実証されているが、この方法は、曲げに起因する複屈折のため、分光の影響を受け易い可能性がある。また、線形チャープ以外のチャープを製造し、また、チャープ型の格子を包装することも難しい。

本発明は、チャープ型の光ファイバ格子を製造する方法にして、

光ファイバの一部分の断面積を変化させ得るように光ファイバのグラッド部分をエッチングするステップと、

ファイバの部分上に均一なピッチの格子をインプリントするステップとを含み、

インプリントステップ、及び格子を使用するその後のステップ中、光ファイバの当該部分に対してそれぞれの相違する長手方向への力が加わるようにした、製造方法を提供するものである。

本発明の実施の形態による方法において、ファイバのクラッド部分のテーパは、エッチング法により形成され、このエッチング法は、融着テーパ付け法と比べて、ファイバコアを比較的影 響を受けない状態に保つ。次に、次の 2 つの力付与方法の一方により、ファイバコア上に均一な格子がインプリントされる。

( i ) ファイバに一時的な力（その力は、その後に、緩められる）が加わる間に、格子がインプリントされる方法；

( ii ) ファイバに力を加えずに、格子をインプリントする。次に、使用中のフ

ファイバに長手方向への力が付与される方法。

その何れの場合でも、均一な力に起因する局所的な応力の変化は、そのファイバ（クラッド部分を含む）の局所的な断面積によって決まり、このため、ファイバに沿って外部から歪み勾配を付与することなく、上記の方法の何れかによって、応力に関係したチャープを形成することができる。

この方法は、ファイバの予張力、ファイバの後張力、又はファイバのテーパのプロファイルを変化させることにより、格子の性質を変化させ、しかも、制御性が犠牲にならないようにすることができる点にて自由度がある。この方法は、形成される格子を分光の影響を受け易いものにする技術（片持ち状に曲げる技術のような）を利用しない。

この方法によれば、形成される装置を能動的に制御することを必要とせずに、広い範囲に亘るチャープ特性を得ることができる。

一つの実施の形態において、ファイバの当該部分には、格子をその後に使用する間よりもインプレスステップ中にて、より大きい長手方向の力が作用するようにする。特に、そのファイバ部分には、その後に格子を使用間に、長手方向への力が略零であるようにすることが好ましい。その結果、応力に起因するチャープと、ファイバを延長させることに起因するチャープとの矛盾のため、顕著にチャープされた格子となる可能性がある（それは、ファイバには、使用中、応力が加わらないからである）。また、この格子は、略応力無しの状態に実装することができる。加えられた力は、圧縮力であるが、少なくともインプレスステップ中、ファイバの当該部分には、長手方向への延伸力が加わることが好ましい。

別の実施の形態において、このファイバ部分に加わる長手方向への力は、その後に格子を使用する間よりも、インプレスステップ中の方が小さい。特に、このファイバ部分には、インプレスステップ中、長手方向への力が略零であることが好ましい。この場合にも、その後の格子の使用に加わる力は圧縮力であるが、そのファイバ部分には、少なくともその後のファイバの使用中に、長手方向への延伸力が加わることが好ましい。

適当なファイバの断面プロファイルを使用して、非線形のチャープ型格子を製

造することが可能であるが、線形のチャープ型格子を製造するためには、その光ファイバのエッチング部分は、ファイバに沿った距離に伴う断面積に対して逆比

例して略線状に変化することが好ましい。

このエッチングステップは、次のステップを含むことが好ましい。

2つの非エッチング液体層の間に吊り下げられたクラッド部分のエッチャント層を有するエッチング浴内にファイバを吊り下げるステップと、

クラッド部分のエッチャント層が時間と共にファイバに沿って長手方向に動くように、ファイバとエッチング浴とを相対的に動かすステップとである。

未被覆のファイバを使用してよいが、ファイバが被覆されている場合、この方法は、吊り下げるステップの前に、ファイバの少なくとも当該部分から被覆を除去するステップを含めることが好ましい。

各種のエッチャントが採用可能であるが、好適な実施の形態において、クラッド部分のエッチャントは、フッ化水素酸の水溶性溶液を含むものである。

その非エッチング液体層の少なくとも1つは、約10%のジクロロトルエンを有するデカヒドロナフタリンを含み、且つ／又は非エッチング液体層の少なくとも一方は、トリクロロエチレンを含むものとする。

このエッチング層の厚さは、何らかの方法にて、エッチング速度とエッチング分解能との妥協によるものである。過度に薄い層であるならば、エッチング時間が極めて長くなり、また、その他の層との境界混合が顕著となる可能性があるため、エッチングの精度が低下する。代替的な好適な実施の形態において、クラッド部分のエッチャント層は、約3mm乃至約10mmの範囲の厚さであり、又は、クラッド部分のエッチャント層の厚さは、ファイバ部分の長さよりも厚いようにする（例えば、25mmの部分の場合、約40mmの厚さとする）。

例えば、格子が特定の通信装置における精密な特性に適合するようにするためには、その後の格子の使用中に、その部分に付与される長手方向への力が、格子の応答性を調節し得るように可変であることが好ましい。

また、本発明は、チャープ型の光ファイバ格子の製造方法であって、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために光ファイバのクラッド部分をエッチング

するステップと、その光ファイバ部分に対して零以上の長手方向への力を加えるステップと、光ファイバの当該部分に均一なピッチの格子をインプレスするステップと、その長手方向への力を緩和するステップとを含む、製造方法を提供するも

のである。

また、本発明は、チャープ型の光ファイバ格子の製造方法であって、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、該ファイバ上に均一なピッチの格子をインプリントすることと、その光ファイバ部分に対して零以上の長手方向への力を加えるステップとを含む、製造方法を提供するものである。

また、本発明は、チャープ型の光ファイバ格子の製造方法であって、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために光ファイバのクラッド部分をエッチングするステップと、その光ファイバ部分に対して零以上の長手方向への力を加えるステップと、光ファイバの当該部分に均一なピッチの格子をインプレスするステップとを含む、製造方法（及び当該方法により製造されたファイバ）を提供するものである。この場合、その後の格子の使用、長手方向への力を保つことができる。

また、本発明は、光ファイバの一部にテーバーを付する方法であって、

2つの非エッチング液体層の間に吊り下げられたクラッド部分のエッチャント層を有するエッチング浴内にファイバを吊り下げるステップと、

クラッド部分のエッチャント層が時間の経過に伴って長手方向に動くように、ファイバとエッチング浴とを相対的に動かすステップとを含む、方法を提供するものである。

また、本発明は、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために、光ファイバのクラッド部分をエッチングすることと、光ファイバの部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることとを含み、インプレスステップ中、及びその後の格子の使用中に、そのファイバ部分に対して異なる長手方向への力を加えることにより製造されるチャープ型の光ファイバ格子を提供するものである。

また、本発明は、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために光ファイバのクラッド部分をエッチングすることと、当該光ファイバ部分に対して零以上の長手方向への力を加えることと、光ファイバ部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることと、その長手方向への力を緩和することにより製造される、チャープ型の光ファイバ格子を提供するものである。

また、本発明は、光ファイバの一部分の断面積を変化させるために光ファイバのクラッド部分をエッチングすることと、当該ファイバの部分上に均一なピッチの格子をインプレスすることと、当該光ファイバの部分に対して零以上の長手方向への力を加えることとにより、製造されるチャープ型の光ファイバ格子を提供するものである。

また、本発明は、光ファイバの伝送媒体と、該伝送媒体の拡散を補償し得るようにこの光ファイバの伝送媒体に結合された、上述のチャープ型の光ファイバ格子とを備える、光伝送リンクを提供するものである。

また、本発明は、

光トランスミッターと、

光レシーバと、

光トランスミッターと光レシーバとを連結する光ファイバ伝送媒体と、

伝送媒体の拡散を補償し得るように光ファイバの伝送媒体に結合された、上述のチャープ型の光ファイバとを備える、光通信装置を提供するものである。

また、本発明は、2つの非エッチング液体層の間に吊り下げられた光ファイバクラッド部分のエッチャント層から成る光ファイバエッチング浴を提供するものである。

上述した本発明の各種の形態の好適な特徴は、本発明のその他の形態にも同様に当て嵌まるものである。

以下に、全体を通じて同様の部品は同様の参照符号で表示する添付図面を参照しつつ、一例として、本発明に関して説明する。添付図面において、

図 1 は、エッチング浴の概略図である。

図 2 a 乃至図 2 d は、図 1 のエッチング浴を使用してテーバーが付けられたフ

ファイバを使用して格子を書き込む 2 つの技術の概略図である。

図 3 は、線形のチャープ型ファイバ格子を形成する多数の可能なファイバの輪郭を示す概略図である。

図 4 は、力を緩めた後に、特定のチャープ特徴を実現するのに必要とされる書き込み中に付与すべき力及びテーバーの程度を示す概略図的なグラフである（このグラフ及び以下のその他の概略図的なグラフにおいて、チャープの特徴は、中心波長（ $\lambda_c$ ）が  $1.55 \mu m$  であるとして示してある）。

図 5 は、後延伸技術を使用して達成された実験結果を示す概略図的なグラフである。

図 6 は、付与された張力に対して、後延伸させた格子の総チャープを示す概略図的なグラフである。

図 7 は、予延伸技術を使用して達成された実験結果を示す概略図的なグラフである。

図 8 は、付与された張力に対して、予め延伸された格子の総チャープを示す概略図的なグラフである。

図 9 は、チャープ型格子を使用する光通信装置を示す図である。

図 10 は、張力下にてファイバ格子を保持する包装体を示す概略図である。

以下に説明する実施の形態において、ファイバの長さに沿って異なるエッチングを施すことにより、光ファイバの外側クラッド部分にテーバーが付与される。このファイバのコアは、実質的にこの工程による影響を受けない。このテーバーは、フッ化水素酸（HF）浴を通るファイバの動きを制御することにより、エッチングが施される。次に、予張力をファイバに加えずに、又は多少の予張力を加えた状態で通常の方法により格子をそのテーバー上に書き込むことができる。こうした代替的な方法は、「方法 A」及び「方法 B」と称する。

#### 方法 A

書き込み中、ファイバ上に予張力が全く加えられないとき（この方法は、以下に、方法 A と称する）、その格子は、その書き込んだままの状態ではチャープされないが、その後、ファイバに力を加えたときにチャープされる。これは、そ

の力がテーバー上に歪み勾配を形成するからである（その理由は、局所的な歪みは、ファイバの直径に依存するためである）。一方、この歪み勾配の結果、いわゆる「応力光」効果によりテーバー上に屈折率勾配が生じる。また、単純なファイバの延長効果（局所的な直径に依存するファイバの延伸）によってテーバー付き部分に沿ってこの格子のピッチが変化するようにされる。

実際には、格子の露出中、ファイバを真っ直ぐに且つ固定状態に保持するためには、僅かな張力を加える必要があるが、かかる僅かな張力は、格子の特性にと

つて重要ではなく、本明細書において力は実質的に存在しないものとして取り扱う。

#### 方法 B

方法 B において、格子の書き込み中、テーバー付きファイバに力が加えられ、その後除去される。

書き込み中に力が加えられると、ファイバに沿った歪み勾配のため、格子がチャープされる。このチャープは、歪み勾配（応力光効果）による屈折率の変化の結果である。しかしながら、この場合、テーバー上にてこの格子のピッチは変化しない。

この格子はこの（張力状態の）形態にて使用される。しかしながら、その後、力を除去すれば、歪み勾配と共に、応力光効果に伴うチャープが失われるが、当初の応力勾配と異なる状態にてテーバーの異なる部分が緩むに伴って別のチャープが形成される（これは、実際には、延長効果とは逆のものである）。

方法 A に関して上述したように、実際には、使用のため最終的に実装するとき、ファイバを真っ直ぐに且つ静止状態に保持するためには、僅かな張力を加える必要がある。しかしながら、かかる僅かな張力は、格子の性質にとって重要ではなく、本明細書において、力は実質的に零であるとして取り扱う。

次に、図 1 を参照する、エッチング浴 1 0 は、トリクロロエチレン層 3 0 と、水溶性のフッ化水素酸層 4 0（32%）と、10%のジクロロトルエンを有するデカヒドロナフタリン層 5 0 とを含む、ピーカー 2 0 を備えている。エッチング処理

すべき感光性の光ファイバ 6 0 は、レトルトスタンド 9 0 上に支持されたガラス管 7 0、0 により 3 つの層 3 0、4 0、5 0 を通じて導かれる。このピーカー 2 0 は、プラットフォームによって支持されており、このプラットフォームは、プログラム化可能なモータコントローラ 1 2 0 の制御の下、高精度モータ（ステッパモータのような）1 1 0 によって駆動されるねじ式接続部 1 0 0 によって垂直方向に動かすことができる。

層 4 0 に対して適当な厚さを選択するためには、2 つの代替的な方法がある。その一つの方法において、層 4 0 は、約 3 m m 乃至約 10 m m の範囲の厚さであることが好ましい。この比較的薄い層は、高エッチング分解能を提供し、ファイバ

直径が瞬間的に増大し、又は縮小せずに製造されるようにする、エッチング後のプロファイルを許容する。その一つの方法において、この層 4 0 は、必要とされる実際のテーバー長さよりも厚くすることができ、次に、層 4 0 からファイバをゆっくりと引き出すことができる。この場合、層 4 0 は、例えば、25 m m の長さのテーバーの場合、例えば、40 m m の厚さとすることができる。

ファイバをエッチングする前に、その前にファイバに付与された全ての被覆は除去する。かかる被覆は、全体として、ポリマー、アクリレート、又はプラスチック材料であり、ファイバをスクレープするか、又はジクロロメタン及びアセトン、50対50から成る混合体のような溶剤を使用することにより、被覆を軟化させるような十分に確立した技術により除去することができる。次に、そのファイバの長さに沿って強固に拭き取ることにより、その軟化した被覆を除去することができる。勿論、これと代替的に、当初の被覆工程が為される前に、ファイバをエッチングしてもよい。

ファイバ 6 0 の外側クラッド材に所望のプロファイルのテーバーを形成するために、エッチング浴 1 0 が使用される。ファイバをエッチング浴に浸漬させ、次に、制御された速度にてピーカー 2 0 を上下に動かすことによって、このテーバーが付与される。エッチングは、H F 層 4 0 にのみ施される。その他の 2 つの層 3 0、5 0 は、適当な高密度及び低密度を有する、比較的不活性なバッファオイルに過ぎず、フッ化水素酸層 4 0 を保持し且つテーバーの両端にてファイバの



直径を十分に制御する。このエッチング速度は、時間と共に、直線的であり、このため、HFエッチング層40（上述）の厚さ（高さ）の選択に従って、ピーカー20の垂直方向への動きを制御することにより、任意の所望のテーバプロフィールを形成することができる。

当該技術において、テーバーを付与し得るように、ファイバのクラッド部分をエッチングして除去する。融着テーバー付け技術（ファイバが加熱され且つテーバーを付与し得るように延伸される）と比べて、ファイバのコアは、図1に示した工程により略影響を受けることはない。

同一のテーバプロフィールを有するファイバのバッチは、図1に示したエッチング浴を使用して、同時にエッチングを施すことができる。一例としての32%

のHF溶液は、室温（17.5℃）にて約 $1.07\mu\text{m}/\text{分}$ の速度にてファイバの直径を縮小させる。このため、それぞれ $125\mu\text{m}$ 及び $60\mu\text{m}$ の大径端及び小径端を有するテーバー部分を形成するのに約1時間かかる。より濃いHF溶液、又はより高温の溶液を使用するならば、所要時間は、より短くて済む。

テーバーが付与されたならば、チャープ型の格子を形成するため、2つの異なる方法を使用することができる。上述したように、これらは、本明細書において、方法A及び方法Bと称する。

図2a及び図2bは、方法Aの工程ステップの概略図である。方法Aにおいて、上述した2つの技術の何れかにより、ファイバに顕著な予張力が加えられることがなく、ファイバ60のテーバー付き部分上に均一な格子130が書き込まれる。次に、ファイバ60には、長手方向への張力140が加えられ（使用時）、局所的な歪みはファイバの断面積に依存すると事実から、格子に沿って歪み勾配が形成されるようにする。このことは、例えば、図10に概略図で示すように、格子をクランプ装置内で包装することにより達成可能である。この場合、ファイバ60は、クランプ500により、長手方向への張力が加わる間に、基板510にクランプ止めされる（勿論、これと代替的に、格子は、ファイバを張力状態に保持する材料中に封止し、又はファイバの長さに沿って基板にクランプ止めてもよい。この基板は、格子を調節し得るように可変の張力を提供するようによりP

Z T 要素としてもよい)。歪み勾配の結果、有効モードの屈折率及び格子のピッチの双方がその長さに沿って変化するため、この格子はチャープ型となる。

この技術において、ファイバに加わる長手方向力 140 を F とするならば、ファイバの半径 r にてブラッグ波長  $\Delta \lambda_g$  の局所的な変化は次式のようにになる。

$$\Delta \lambda_g / \lambda_g = F / (\pi E r^2) - \chi (F / (\pi E r^2)) \quad (1)$$

ここで、E は、ヤング弾性率、 $\chi$  は、二酸化ケイ素の場合、0.22 である。第一の項は格子のピッチの変化（ファイバの延長化効果）に基づくものであり、第二の項は、応力光効果による屈折率の変化に基づくものである。この応力光効果は、逆の符号を有するため、ファイバの延長化効果からチャープ部分を打ち消すものである。

図 2 c 及び図 2 d は、方法 B における工程プロセスの概略図である。この場合

ファイバに対し長手方向への予張力 150 が加わる間に、ファイバ 60 のテーパ付き部分の上に均一なピッチの格子が書き込まれる。長手方向への張力が保たれる間に、そのテーパの長さに沿った屈折率勾配のため、形成される格子がチャープされる一方、その屈折率勾配は、歪み勾配により生ずる。

書き込み後に、ファイバの予張力が除去されると、歪み勾配が失われる。これにより、屈折率勾配に起因して存在するチャープが除去される。しかしながら、予張力を除去すると、別のチャープが形成される。これは、歪み勾配の除去に伴いファイバは不均一に緩むため、格子ピッチが最早均一でないたくなるからである。このため、形成される格子は、長手方向への力を必要とせずにチャープされ、従って、装置は、長手方向への静止力が存在せずに（即ち、「力が存在しない状態」で）包装することができる。

この方法におけるこの応力光効果は、最終製品に対して何らの働きもせず、このため、等式 1 の第一の項のみが残る。このように、全体的なチャープは、付与された力が等しいとき、方法 A の場合よりも大きい。

方法 B において、チャープ型格子は、力が存在しない状態で包装することができる。また、方法 B においては、同一の力を加えた場合、方法 A の場合よりも大

きいチャープが形成され、それは、方法 A における応力光効果は、延長化効果に対し逆の符号を有し、延長化効果の一部を打ち消すからである。

線形のチャープ型格子を製造するためには、ファイバの断面積が距離に反比例して直線状に依存することが必要となる。

$$1/(r^2(z)) = 1/l \{ 1/(r^2(l)) - 1/(r^2(o)) \} z + 1/(r^2(o)) \quad (2)$$

ここで、 $l$  はテーバーの長さ、 $r(z)$  は軸方向部分  $z$  におけるファイバの半径である。

図 3 は、線形のチャープ型ファイバの格子を製造することが可能なテーバープロファイルの一部を示す概略図的なグラフである。

「総チャープ」をチャープ型格子の両端におけるブラッグ波長の差と定義するならば、方法 A の場合、総チャープは、次式で与えられる。

$$\text{総チャープ} = ((1-x)F\lambda_c)/(\pi E) \{ 1/(r^2(l)) - 1/(r^2(o)) \} \quad (3)$$

ここで、 $\lambda_c$  は、チャープ型格子の中心波長である。

方法 B に対する総チャープの値を得るためには、等式 3 にて、 $x=0$  に設定するだけでよい。

付与された力の程度が等しい場合、より大きいチャープを形成するためには、 $r(o)$  と  $r(l)$  との差を大きくする必要がある。 $r(o) = 125 \mu\text{m}$  の場合、 $8 \text{ nm}$ 、 $4 \text{ nm}$ 、 $2 \text{ nm}$ 、 $1 \text{ nm}$  及び  $0.5 \text{ nm}$  という、特定の総チャープの値を得るために、方法 B の場合に必要とされる力  $F$  及び  $r(l)$  は、図 4 に示してある。

この付与された力が変化すると、総チャープ及び中心反射波長の双方が変化する。この効果は、装置を調節するために使用することができる。ファイバは、通常、長手方向への力に起因して数パーセント程度、延びる。 $60 \mu\text{m}$  のファイバを 1% 伸長させるのに必要な力は、約 2 ニュートンであり、従って、 $5 \text{ nm}$  のチャープは、容易に実現可能である。

また、上述した技術を使用して、非線形のチャープ型格子（平行四辺形のチャープ型格子のような）に対するテーバープロファイルも可能である。

図 5 は、延伸後の技術（方法 A）を使用した場合の実験結果を示す概略図的な

グラフであり、図 6 は、付与された長手方向への力に対するかかる延伸後の格子の総チャープを示す概略図的なグラフである。

図 5 において、付与された長手方向への力、0 g (グラム-力)、12.7 g、25.0 g、37.4 g、47.3 g、65.7 g 及び 87.9 g に対して、反射した光信号の曲線がプロットされており、ここで、1 g は約  $9.81 \times 10^{-3}$  ニュートンである。こうした曲線は、図 5 の挿入図に示すように、テーバープロファイル 200 の 25 mm の長さに亘ってテーバーを付与したファイバについて得たものである。この格子は、テーバー付き領域内で長さ 21 mm のファイバに対しフェーズマスクを使用して形成されたものである。

図 6 には、上述の 7 つの値の力を付与して得られた総チャープが図示されている (nm 単位)。また、付与された力と総チャープとの理論的な関係も示されている。チャープの測定値は、予想通りに負荷に依存する線形となるが、上述の理論から予測される値よりも約 30% 小さいことを示す。しかしながら、図 6 のグラムは、所望のチャープ特性を得るために必要とされる特性の値を求めるために使用することができる。

図 5 の挿入図は、所望のテーバープロファイルを達成するためにエッチング工程が十分に制御可能であることを示す。図 5 及び図 6 を得るために行った実験において、6 つ乃至 8 つのテーバーのバッチを同時に試験した。十分な反復性及び均一さが確認された。32% の HF 溶液でテーバー 200 を形成するためには、約 50 分かかった。

図 7 は、予延伸技術 (方法 B) を使用して得られた実験結果を示す概略図的なグラフである一方、図 8 は、付与された力に対するかかる予延伸した格子の総チャープを示す概略図的なグラフである。図 7 及び図 8 に使用した力の値は、0 g 及び 94 g である。使用したテーバープロファイル 210 は、図 7 の挿入図に図示されている。この場合にも、使用された格子は、25 mm のテーバーの範囲内で約 21 mm の長さのものである。

付与された力に対する総チャープの理論的な予測値は、図 8 に実線で示しており、同様に、測定値の略 30% 以上である。この差の理由は、光ファイバ中のドー

ブ被覆有りの二酸化ケイ素は、ドーブ被覆無しの二酸化ケイ素のヤング弾性率と異なる値を有するから、予測に使用したファイバのヤング弾性率の値が実際の値でないからである。

図 9 には、チャープ型ファイバ格子の一つの可能な用途を具体化する光通信装置が図示されている。

図 9 において、レーザと、レーザ出力を直接に又は間接的に変調させる手段と、光増幅器とを備えることのできる光トランスミッター 3 0 0 が、電氣的データの入力信号に依存して、変調された光信号を発生させる。この光出力信号は、ある特徴的な拡散を呈する一本の光ファイバ 3 1 0 に沿って進む。3 d B (デシベル) のファイバカプラー 3 2 0 がファイバ 3 1 0 から光信号を受け取り、また、その両ポートにてチャープ型格子 3 3 0 と、端子 3 4 0 とを有し、その他方のポートに光レシーバと、復調器 3 5 0 とを有している。該レシーバ及び復調器 3 5 0 は、3 d B カプラーから受け取る光信号に依存する、電氣データの出力信号を発生させる。

以下の図 2 に示すように、このチャープ型格子は、光ファイバ 3 1 0 の拡散の全部、又はその一部を補償することができる。

この格子は、光トランスミッター及びレシーバと共に使用すべく光ファイバ伝送リンク内に組み込むこともできる。かかるリンクは、(例えば、3 d B カプラー 3 2 0 により) 一本の光ファイバ 3 1 0 に結合された格子を備えるようにしてもよい。

上述の実施の形態は、テーバー付きファイバに予又は後延伸力が加えられた場合に関するものである。しかしながら、この技術は、ファイバに対し圧縮力が加えられる場合にも同様に適用可能である。例えば、ファイバは、上述した技術を使用してテーバーを付け、次に、長手方向への力を略加えずに、格子をインプレスし、その後、以下の文献 9 に記載されたステップモータ技術の一つを使用してファイバを圧縮することができる(この文献は、二酸化ケイ素が圧縮力を加えたとき、張力を加えた場合よりも、23 倍も丈夫であるため、この圧縮が有利であると記している)。これと代替的に、上述した方法 B と異なり、格子のインプレス

中、ファイバを圧縮するため、ステッパモータ装置を使用してもよい。更に別の代替的な配置において、方法Aに従ってファイバをエッチングし、格子をインプレスしてもよく、凝固するときに収縮して、ファイバ格子を長手方向に圧縮する溶融プラスチック又はガラス基板内に形成されるファイバを植え込んでもよい。

最後に、上述した実施例は、主として、書き込み中、又はその後にファイバを使用する間の力の何れもが略零である、力の状態に関するものであるが、この技術は、その2つの段の間に付与される長手方向への力が異なる場合（即ち、その何れも略零でない場合）にも同様に適用可能であることが理解される。例えば、その場合、方法Aを使用して形成された格子は、その後にその格子を使用する間に、可変の長手方向への力（異なるが、零以上の力）を付与することで調節することができる。

#### 刊行文献

1. K.O.ヒル (Hill)、F.ビロードウ (Bilodeau)、B.マロー (Malo)、S.テリアルト (Theriault)、D.C.ジョンソン (Johnson) 及びJ.アルバート (Albert)、1994年の「光ファイバの拡散を補償する、チャープ型ファイバ内のブラッグ格子 (Chirped in-fibre Bragg gratings for compensation of optical-fibre dispersion)」、オブティクス・レターズ (Optics Letters) 19、1314-1316頁。

2. D.ガレース (Garethe)、W.S.リー (Lee)、R.E.エプワース (Epworth)、T.ブリチャーズ (Brichers) 及びC.P.チュウ (Chew)、「1.6Tビット/s.Kmのビット速度長さを有するファイバ格子に基づく実際の拡散均等器 (Practical dispersion equaliser based on fibre gratings with a bit rate length product of 1.6 Tbits/s.Km)」、E C O C '94、PDペーパー、11頁。

3. K.スージャン (Sugden)、I.ベニオン (Bennion)、A.モロニー (Molony) 及びN.J.クーバー (Cooper)、1994年の「露出中のファイバの変形により感光性光ファイバに形成されたチャープ型格子 (Chirped gratings produced in photosensitive optical fibres by fibre deformation during exposure)」、エレクトロニクス・レターズ (Electronics Letters) 30 (5)、440-442頁。

4. K. C. バイロン (Byron)、K. スージャン、T. ブリチェノ (Bricheno) 及び I. ベニオン、1993年の「感光性ファイバにおけるチャープ型ブラッグ格子の製造 (Fabrication of chirped Bragg gratings in photosensitive fibre)」、エレクトロニクス・レターズ29、1659-1670頁。

5. R. カシヤップ (Kashyap)、P. F. マッキー (McKee)、R. J. キャンベル (Campbell) 及び D. L. ウィリアムズ (Williams)、1994年の「全ファイバの光励起によるチャープ型格子の新規な製造方法 (Novel method of producing all fibre photoinduced chirped gratings)」、エレクトロニクス・レターズ30(12)、996-998頁。

6. M. C. フェリーズ (Farries)、K. スージャン、D. C. J. レイド (Reid)、I. ベニオン、A. モロニー及び M. J. グッドウィン (Goodwin)、1994年の「増幅マスクを使用して製造された極めて広い反射帯域幅 (44nm) チャープ型ファイバ

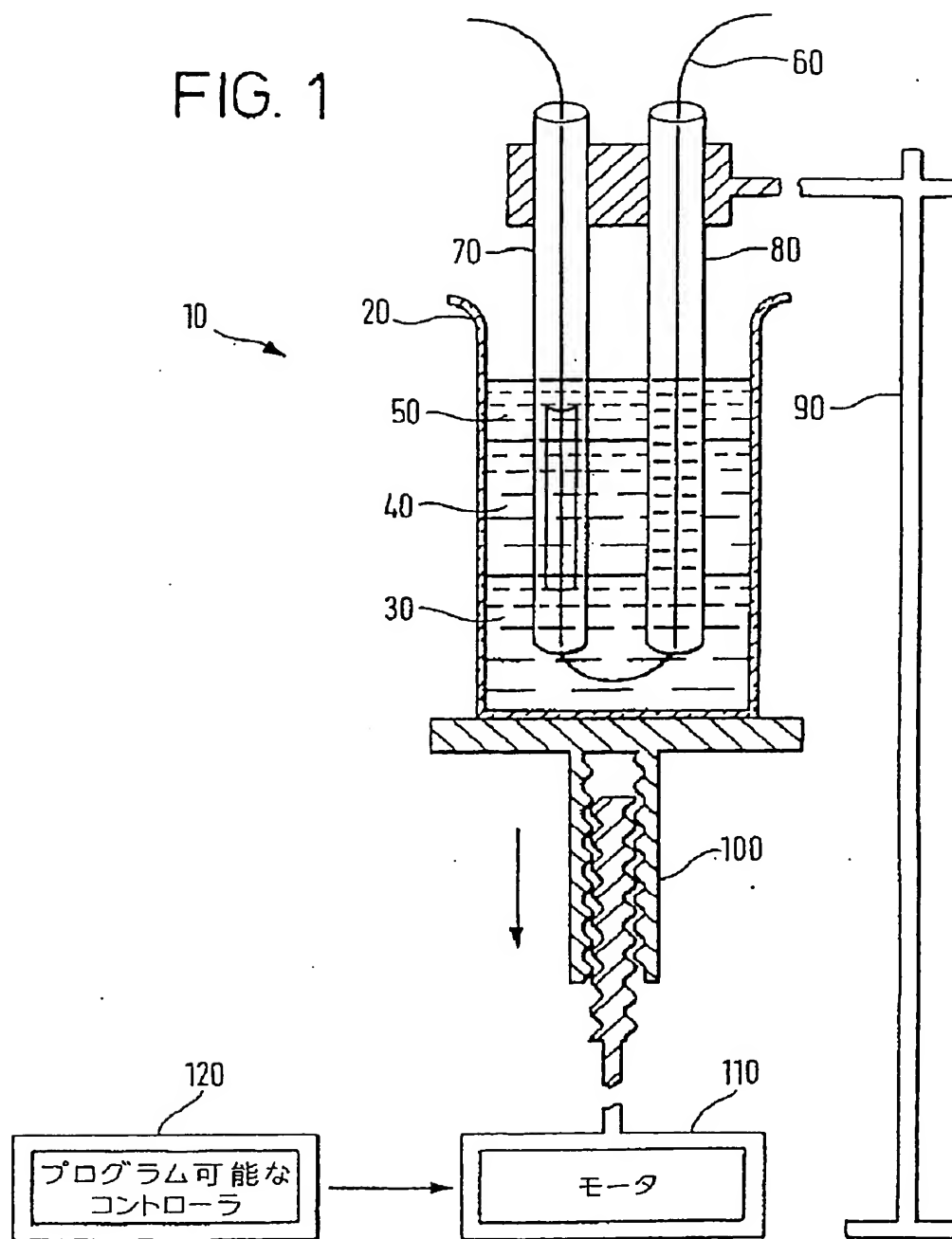
格子、及び狭小帯域幅フィルタ (Very broad reflection bandwidth (44nm) chirped fibre gratings and narrow bandpass filters produced by the use of an amplitude mask)」、エレクトロニクス・レターズ30、891-892頁。

7. J. ルーゾン (Lauzon)、S. ティボルト (Thibault)、J. マーチン (Martin)、F. クォレッタ (Quellette)、1994年の「温度勾配により線形チャープされたファイバブラッグの具体化及びその特徴 (Implementation and characterisation of fibre Bragg gratings linearly chirped by a temperature gradient)」、オブティクス・レターズ19、2027-2029頁。

8. P. C. ヒル (Hill) 及び B. J. エグleton (Eggleton)、1994年の「ファイバブラッグ格子の歪み勾配チャープ (Strain gradient chirp of fibre Bragg gratings)」、エレクトロニクス・レターズ30(14)、1172-1174頁。

9. G. A. ボール (Ball)、W. W. モーリー (Morey)、1994年の「圧縮を調節した、単周波数ブラッグ格子ファイバレーザ (Compression-tuned single-frequency Bragg grating fibre laser)」、オブティクス・レターズ23(19)、1979-1981頁。

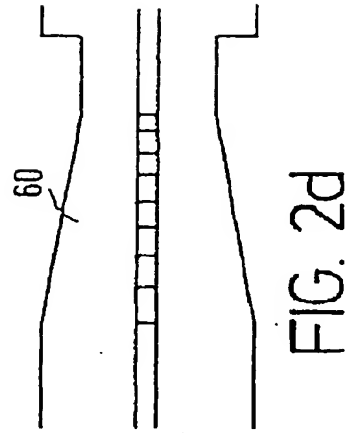
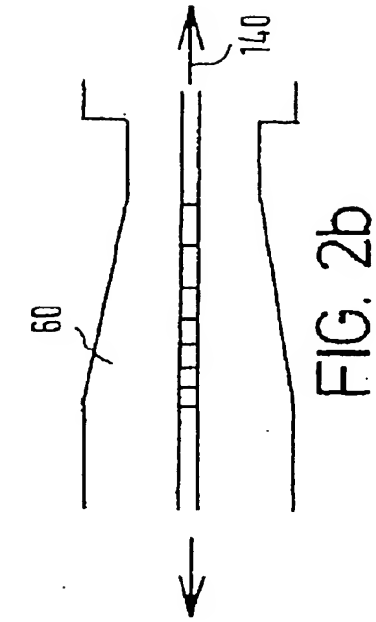
{ 図 1 }



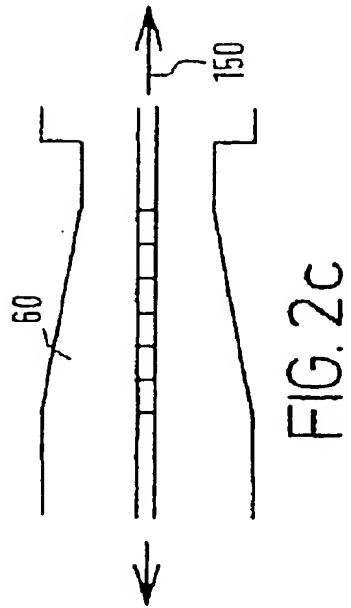
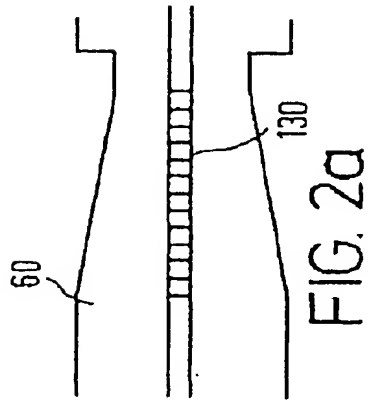


【 図 2 】

書き込み後



書き込み中



方法 A

方法 B

〔 图 3 〕

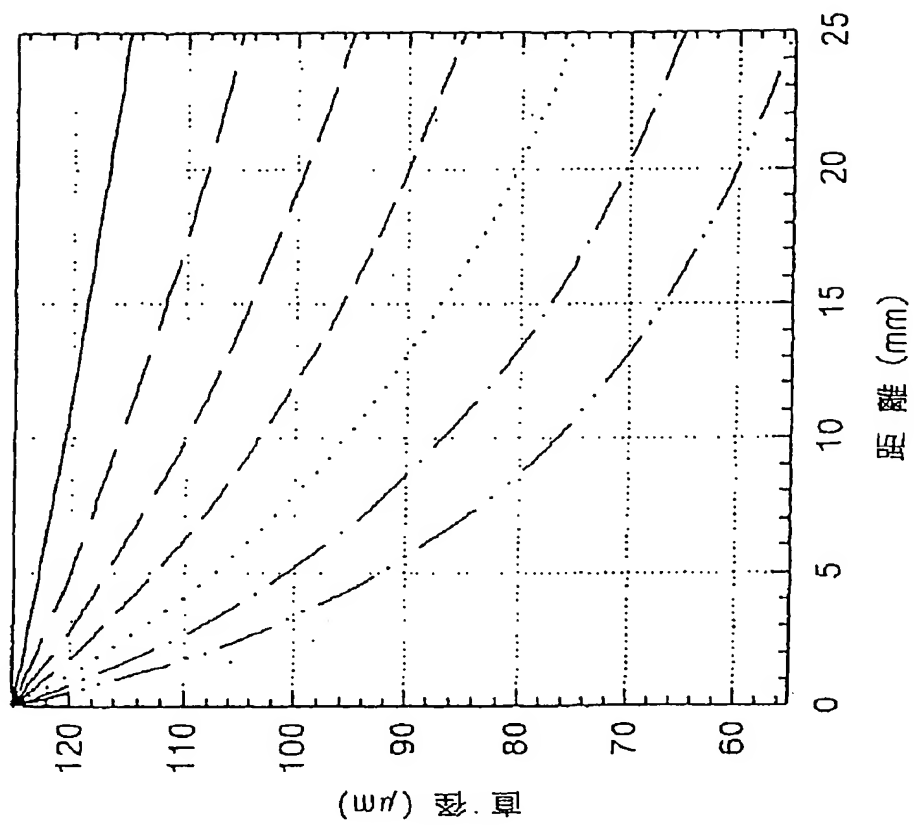


FIG. 3

【 図 4 】

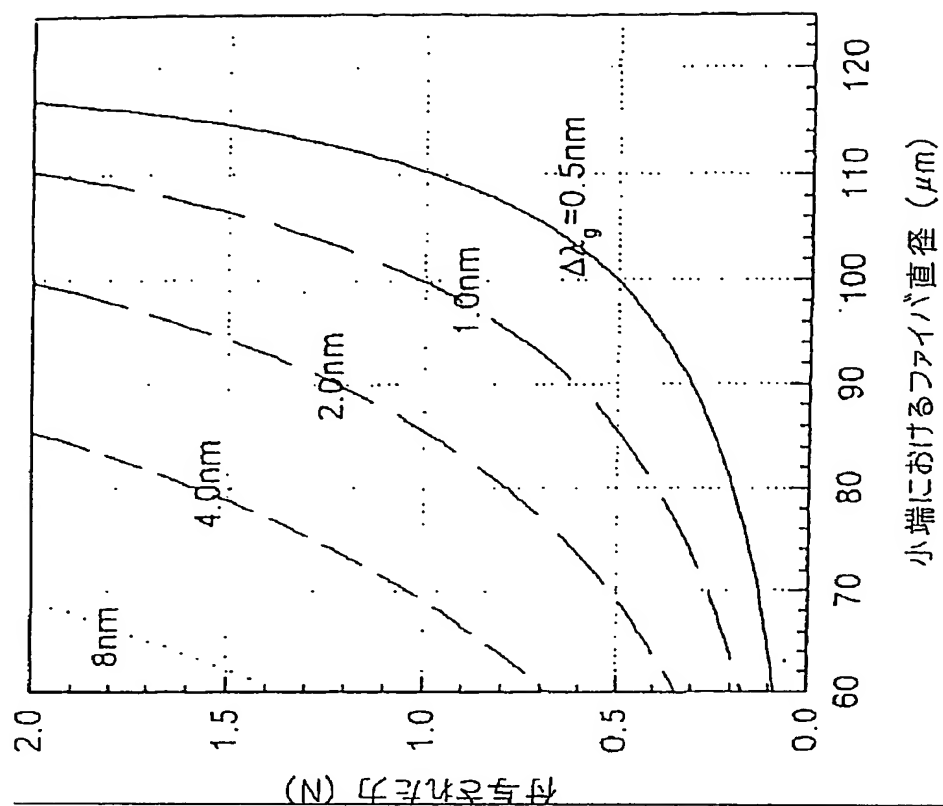


FIG. 4

【 図 5 】

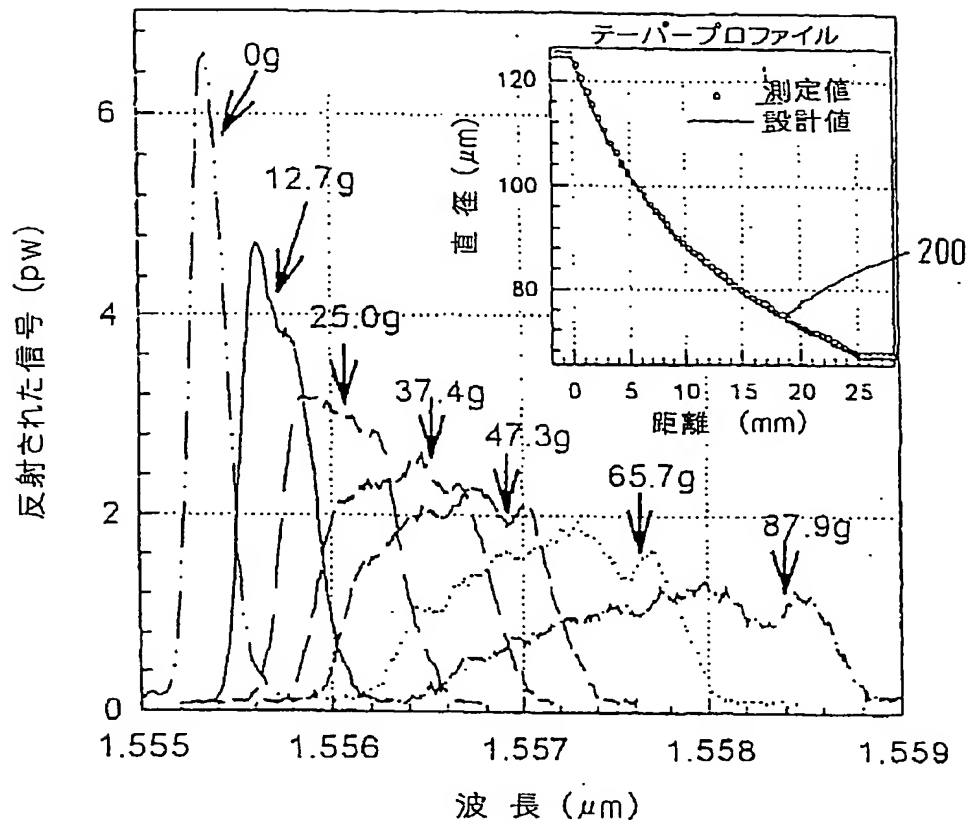


FIG. 5

[ 図 6 ]

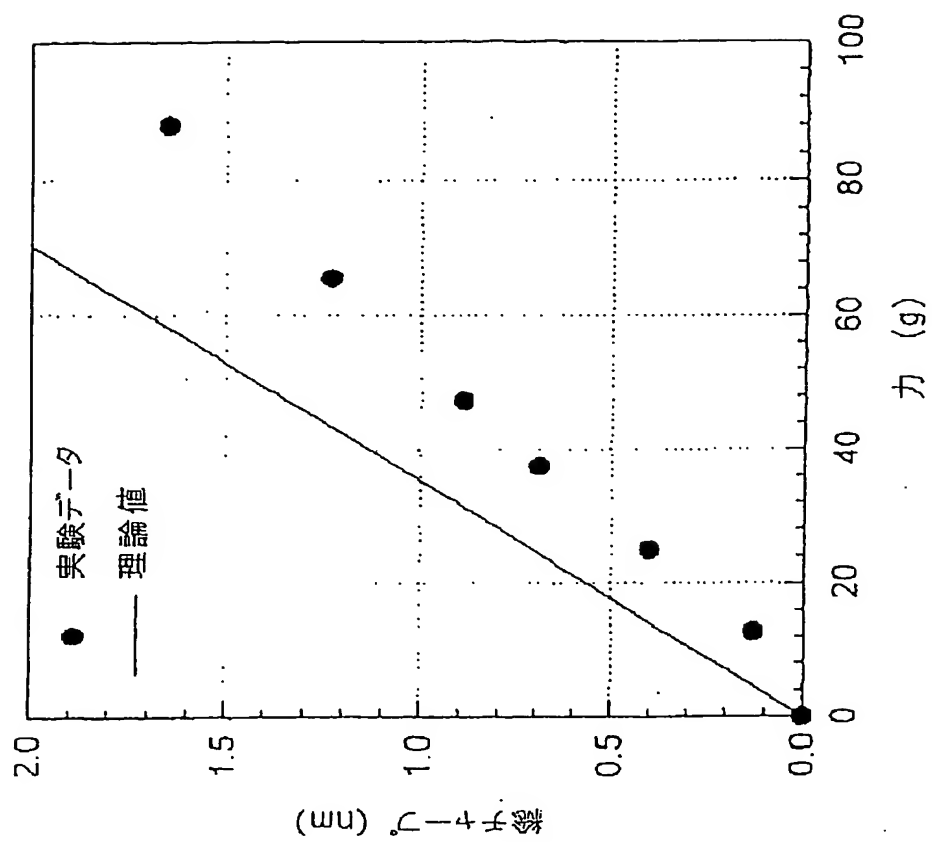


FIG. 6

〔 図 7 〕

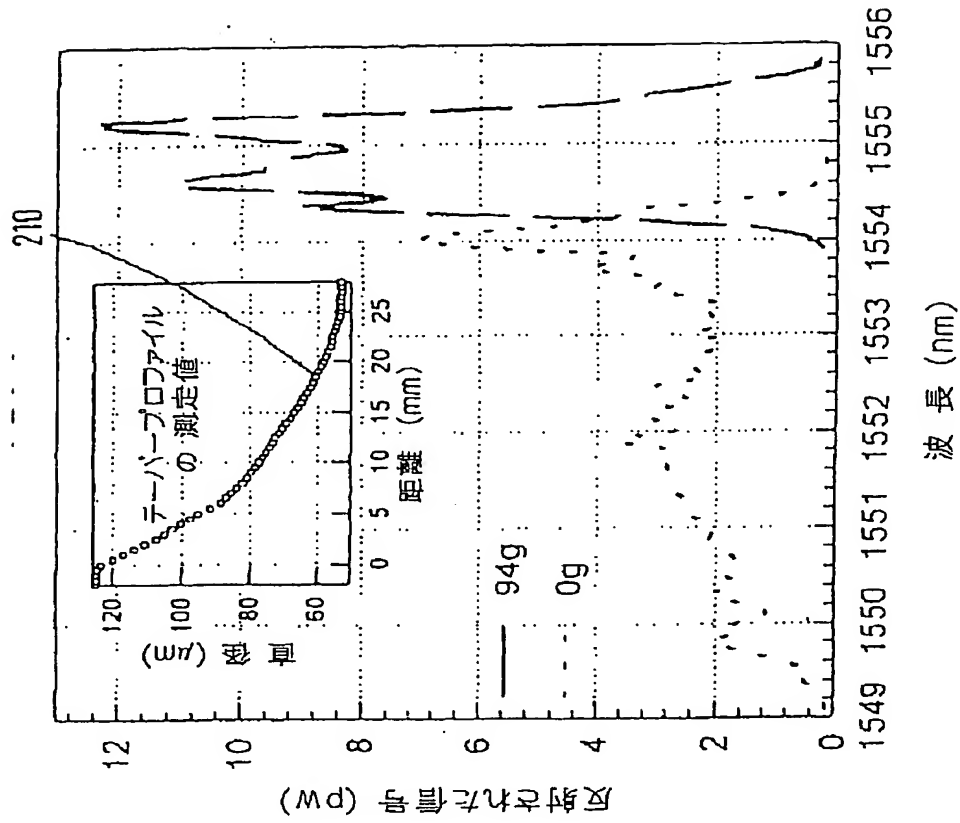


FIG. 7

【 図 8 】

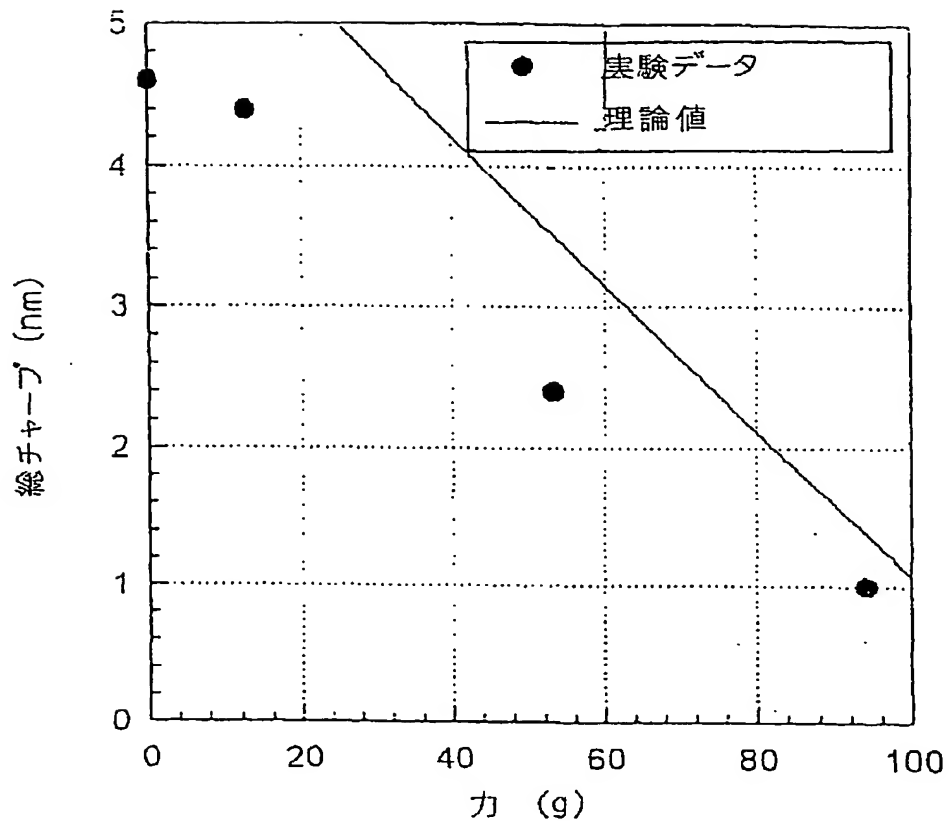


FIG. 8

【 図 10 】

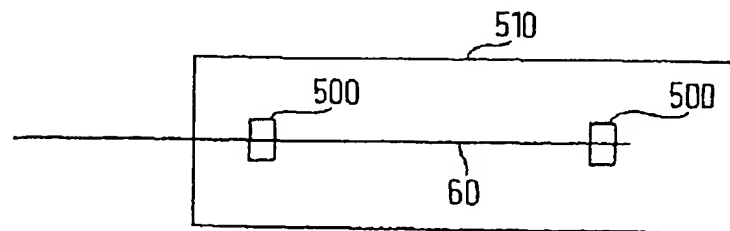


FIG. 10

( 図 9 )

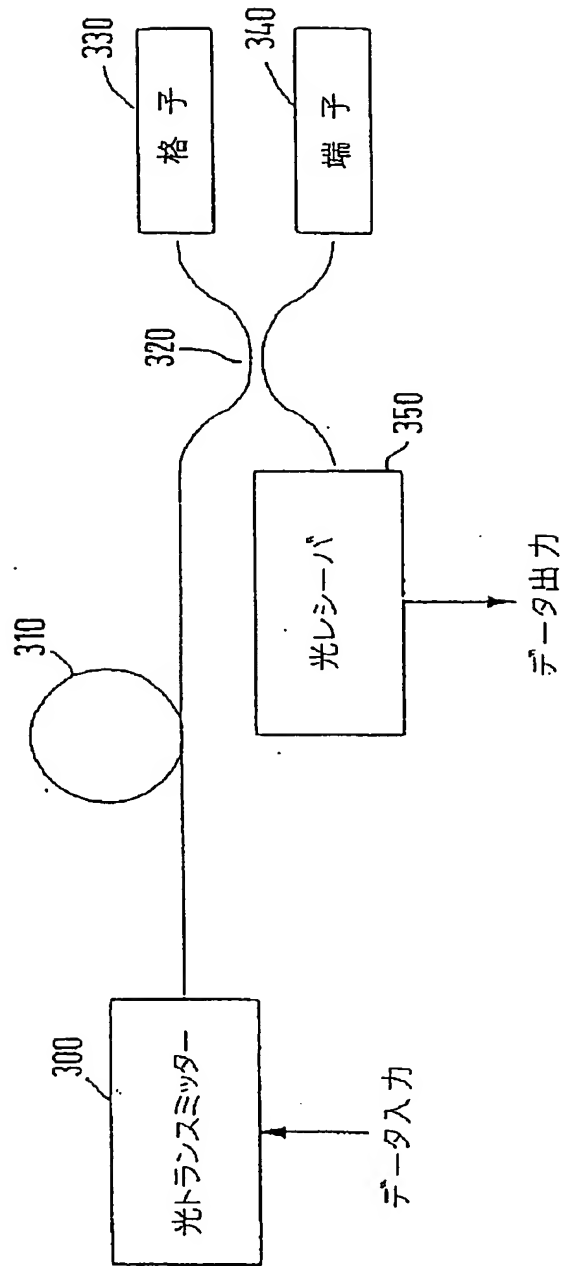


FIG. 9



[ 国 際 調 査 報 告 ]

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/GB 96/00401

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G02B6/16 C03C25/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G02B C03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ELECTRONICS LETTERS, vol. 31, no. 4, 16 February 1995, STEVENAGE GB, pages 309-310, XP002011564 M.A. PUTNAM ET AL.: "fabrication of tapered, strain-gradient chirped fibre Bragg gratings" see the whole document ---	1-18, 20-24
A	ELECTRONICS LETTERS, vol. 29, no. 18, 2 September 1993, STEVENAGE GB, pages 1659-1660, XP002011565 K.C. BYRON ET AL.: "Fabrication of chirped Bragg gratings in photosensitive fibre" cited in the application see the whole document ---	1-18, 20-24

-/-

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☐ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 October 1996

Date of mailing of the international search report

13.11.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 631 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sarnecki, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/GB 95/00401

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, vol. 65, no. 8, August 1994, NEW YORK US, pages 2538-2541, XP000466318 H.M. MARCHMAN: "Fabrication of optical fiber probes for nanometer-scale dimensional metrology" see the whole document</p> <p>---</p>	19,25
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 35 (P-175), 10 February 1983 &amp; JP,A,57 188007 (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 18 November 1982, see abstract</p> <p>-----</p>	19,25

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/GB 96/00401

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.;  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.;  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.;  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

claims 1-18, 20-24

claims 19 and 25

For further information see Form PCT/ISA/206 sent to you on 16/09/96

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

---

フロントページの続き

(72)発明者 ドン, リャン

イギリス国サザンブトン エスオー16・3

エヌエックス, バセット, コッパーフィー  
ルド・ロード 20

(72)発明者 クルス, ホセ・ルイス

スペイン王国エー-46560 ヴァレンシア,

マッサルファッサル, カルレ・サン・ロレ  
ンソ ヌメロ 26